

THESIS

NOTICE

1967

**Zur Struktur der Pia mater spinalis
unter besonderer Berücksichtigung
der elastischen Fasern**

Ulrich Lanz

LANE MEDICAL LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY
300 PASTEUR DRIVE
PALO ALTO, CALIF.

AUS DEM ANATOMISCHEN INSTITUT DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Direktor: Professor Dr. T. von L a n z

ZUR STRUKTUR DER PIA MATER SPINALIS
UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG
DER ELASTISCHEN FASERN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
in der gesamten Medizin
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Ulrich L a n z
aus München

München 1967

Referent: Professor Dr. med. A. Mayet
Korreferent: Professor Dr. med. T. von Lanz
Dekan: Professor Dr. med. M. Kiese

Tag der mündlichen Prüfung: 20. Dezember 1966

Meinem geliebten Vater und verehrten Lehrer,
Herrn Professor Dr. T. von Lanz,
zum 70. Geburtstag gewidmet.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

v.LANZ: Anatomisches Seminar, München 1966

Med. Ass. U. LANZ

Zur Struktur der Pia mater spinalis unter besonderer
Berücksichtigung der elastischen Fasern

Am 12. Dezember 1966

Von den drei Rückenmarkshüllen ist die Pia mater spinalis bis heute am wenigsten untersucht worden. Frühere Untersucher (KEUFFEL, KÖLLIKER, LENHOSSEK, FROMMANN, HENLE und MERKEL) machten nur sehr allgemeine Angaben über ihre Beschaffenheit. Die ersten Untersuchungen, die die Jahrzehnte überdauert haben, stammen von KEY und RETZIUS. Diese beiden schwedischen Anatomen beschrieben in der Pia mater zwei Schichten, deren innere, die Intima piae, bei verschiedenen Tieren und bei Menschen als gleichmäßige Schicht dem Rückenmark aufliegt. In ihrem Aufbau ähnelt sie sehr der Pia mater cerebri, deren Fortsetzung aufs Rückenmark sie darstellt.

Die zweite Schicht, die Epipia, ist nur dem Rückenmark eigen. KEY und RETZIUS fanden sie bei einigen Säugetieren, z.B. beim Kaninchen, nur sehr dünn, beim Menschen dagegen sehr dick ausgebildet, hier besonders an den Seitenteilen, also dort, wo die Ligg. denticulata inserieren. Diese Zweischichtung der Pia mater spinalis wurde von den meisten Nachuntersuchern bestätigt.

Die enge Beziehung zwischen den Zahnbändern und der Epipia machten LANG und EMMINGER zum Gegenstand ihrer Untersuchungen. Bei der Faseranalyse der Epipia und der Ligg. denticulata kamen sie zu folgenden Ergebnissen: Kollagene Fasern ziehen aus den Zahnbändern und umfassen das Rückenmark dorsal und ventral in wendelartigen Schrägzügen. Die Schrägfasern beider Richtungen bilden zusammen ein Scherengitter. Abweichungen von dieser Grundkonstruktion sahen die beiden Autoren im Halsbereich, wo die kollagenen Fasern in der ventralen Piawand caudalwärts concave Bögen bilden, in der dorsalen dagegen transversal über die Mittellinie hinweglaufen.

Die Schrägfasern bilden das Verankerungssystem der Zahnbänder, beide zusammen stellen die Aufhängevorrichtung des Rückenmarks im Durasack dar.

Außer den Schrägfasern fanden LANG und EMMINGER longitudinale Verstärkungszüge in der Epipia, von denen ein Teil auf, ein anderer Teil unter der Schrägfaserschicht liegt. Die Mehrzahl der Längszüge findet sich unmittelbar ventral und dorsal der Nervenwurzeln.

KRBEK untersuchte die Pia mater spinalis des Meerschweinchens. Er beschreibt in ihr einen zarten, kollagenen Faserstrumpf, der aus langmaschigen Scherengittern besteht. Dieses Maschengitter wird durch longitudinale Faserzüge verstärkt. Während jedoch LANG und EMMINGER elastische Fasern hauptsächlich im Lig. denticulatum, vereinzelt dünne auch in den Seitenwänden der Epipia sahen, fand KRBEK in den Längszügen eine große Menge elastischen Materials.

MAYET hat als erster ausgedehnte elastische Fasernetze in der Pia mater spinalis erwachsener Menschen beschrieben. Die Mehrzahl dieser Fasern überkreuzen sich in spitzen Winkeln. Nur im Filum terminale haben kollagene und elastische Fasern die gleiche longitudinale Verlaufsrichtung.

Den genaueren Faserverlauf der elastischen Fasern und ihre regional unterschiedliche Verteilung in der Epipia aufzuzeigen, ist Aufgabe der vorliegenden Arbeit.

Von der Pia mater spinalis zweier menschlicher Foeten und acht Neugeborener wurden Häutchenpräparate hergestellt. Nach Färbung mit Orcein bzw. mit Resorcin-Fuchsin wurden die so erhaltenen Präparate mit 200- bis 360facher Vergrößerung betrachtet. Dabei stellte sich heraus, daß die elastischen Fasern fast durchweg dieselbe Verlaufsrichtung aufweisen wie die kollagenen. Deshalb erschien es zweckmäßig, zuerst polarisationsoptisch den Verlauf der kollagenen Fasern zu ermitteln und hinterher den Gehalt an elastischem Material der einzelnen Epipiaabschnitte zu bestimmen.

Bei Betrachtung der polarisierten Häutchenpräparate mit geringer Vergrößerung fällt unter den hell aufglänzenden Fasermassen der Epipia zunächst ein zartes, dunkles Fasergeflecht auf, das an Präparaten aller Altersstufen nachweisbar ist und das ganze Rückenmark gleichmäßig bedeckt. Seine Fasern stellen ein grobmaschiges rhombisches Netz dar, dessen Rautenlängsachsen quer gestellt sind. An den Stellen, wo sie nicht von Epipia bedeckt sind, leuchten sie in polarisiertem Licht auf. Es handelt sich also um kollagene Strukturen. Häufig tauschen die einzelnen Faserbündel Fibrillen aus. Vergleicht man dieses Netz mit Abbildungen der Pia mater cerebri, so stellt man weitgehende Ähn-

lichkeit in der Faseranordnung fest. Zweifellos handelt es sich bei diesem Fasergeflecht also um die faserigen Anteile der Fortsetzung der Pia mater auf das Rückenmark, um die Intima piae. In der Epipia fand ich, ebenso wie KRBK und LANG u. EMMINGER, zwei Fasersysteme; das Schrägsystem, das zusammen mit den Lig. denticulata den Aufhängeapparat des Rückenmarks darstellt, und das Longitudinalsystem.

1. Die kollagene Verankerung der Lig. denticulata in der Epipia (Abb. 1a)

Das Schrägsystem wird von kollagenen Fasern gebildet, die, vom Zahnband kommend, schräg in die dorsale und ventrale Epipia wand übergehen. Die Fasern bilden dabei ein Scherengitter. Im Halsbereich ist die kollagene Schrägschicht am dicksten. Die kollagenen Fasern in den obersten Cervicalsegmenten, die caudalwärts aus dem Zahnband austreten, verlaufen deutlich steiler als die der Gegenrichtung. Die nach kranial medial ziehenden Fasern der dorsalen Epipia biegen im Halsbereich um die Hinterwurzeln in transversale Richtung um. Im unteren Halsbereich und im Brustbereich sind die Abgangswinkel der nach kranial und der nach caudal ziehenden Fasern annähernd gleich.

In den oberen zwei Dritteln der Epipia verlaufen die Fasern beider Richtungen bogenförmig, zur Medianen hin steiler werdend. Im unteren Thorakalbereich kehrt sich die Krümmung der Bogen um, sie werden zur Medianen hin flacher. Die caudalwärts ins Zahnband einstrahlenden Fasern verlaufen im Lendenbereich deutlich steiler, als die der zahlenmäßig wesentlich geringeren der Gegenrichtung.

Dem beschriebenen Fasersystem ist in allen Bereichen ein rhombisches Geflecht kollagener Fasern aufgelagert, dessen Züge wesentlich steiler verlaufen. Seine Fasern überspringen mehrere Rückenmarkssegmente, teilweise nehmen sie sogar longitudinale Verlaufsrichtung ein. Aus diesem Geflecht werden die Längszüge gespeist. Beim Foetus ist es noch sehr dünn, erreicht aber beim Erwachsenen beträchtliche Dicke.

2. Die elastischen Fasern im Schrägsystem (Abb. 1b)

Die Verlaufsrichtung der elastischen Fasern im Schrägsystem der Epipia stimmt im allgemeinen mit jener der kollagenen Fasern überein. Sie weichen nur ab, wenn sie sich verzweigen. Wie in anderen elastisch-kollagenen Gewebsstrukturen des menschlichen Körpers, sind sie, im Gegensatz zum gewell-

ten Verlauf kollagener Fibrillen, gestreckt. Der elastische Anteil der epipialen Schrägschicht ist regional sehr unterschiedlich. Überall ist er jedoch dorsal der Zahnbänder größer als ventral. In der dorsalen Hälfte der Seitenwand begleiten die elastischen Fasern vornehmlich die steil verlaufenden, oberflächlich gelegenen kollagenen Schrägfasern.

Im Halsbereich lassen sich ventral des Lig. denticulatum nur wenige dünne elastische Fasern nachweisen. Dorsal sind sie etwas zahlreicher und dicker. Die caudalwärts aus dem Zahnband ausschwenkenden gehen zum Teil in die Longitudinalzüge ventral und dorsal der Hinterwurzeln über. Das meiste elastische Material findet man in der oberen Hälfte des Brustabschnittes. Die ventrale Verankerung der Zahnbänder ist hier von zahlreichen mitteldicken elastischen Fasern durchsetzt. Dorsal finden sich zahlreiche kräftige elastische Elemente. Die meisten elastischen Fasern finden sich direkt vor und hinter dem Zahnband, in das sie sich teilweise hinein verfolgen lassen. Zur Medianen hin nimmt ihre Zahl ab.

Etwa von der Mitte des Brustbereiches an caudalwärts nimmt der Gehalt an elastischen Fasern ab. Im Lendenbereich findet man nur noch wenige dünne elastische Elemente. Es dominieren hier die elastischen Fasern, die mit den caudalwärts ins Zahnband ziehenden kollagenen verlaufen. Gegenläufige elastische Fasern lassen sich ab dem unteren Lumbalbereich überhaupt nicht mehr nachweisen.

3. Das kollagene und elastische Longitudinalsystem (Abb. 1c)

Das Longitudinalsystem besteht aus mehreren Faserzügen, deren Gehalt an elastischen Fasern eng mit dem an kollagenen gekoppelt ist. Dieser Umstand erlaubt es, beide Faserarten der Längszüge in einem Schema zusammenzustellen.

Trennt man das Zahnband nahe seines Ansatzes an der Epipia ab, so imponiert seine Basis im Hals- und Brustbereich als kräftiger Longitudinalzug. Erst im Lendenbereich wird er dünner. Die meisten und dicksten elastischen Fasern findet man in ihm zwischen C_6 und Th_9 . Weiter caudal nehmen ihre Zahl und Dicke kontinuierlich ab.

Ein weiterer Längszug bedeckt in der Ventromedianen den Sulcus medianus medullae spinalis. MILLEN und WOLLAM haben ihn Linea splendens genannt. Er läßt sich bis in die Sacralsegmente verfolgen, ist aber in der oberen Piahälfte

am dicksten. Das meiste elastische Material findet man in ihm im mittleren Brustbereich.

Weitere Longitudinalzüge umgrenzen die Austrittslöcher der Vorder- und Hinterwurzeln. Im Übergang vom Cervical- in den Thorakalbereich bildet sich aus dem Fasergeflecht des Schrägsystems ein Längsstrang heraus, der die Vorderwurzeln zopfartig umflieht. Er ist im oberen und mittleren Brustabschnitt am deutlichsten ausgebildet. Hier ist er von zahlreichen mitteldicken elastischen Fasern durchsetzt. Caudalwärts wird er dünner, im Lendenbereich wird er nur noch durch einen schmalen Strang an der Dorsalseite der Vorderwurzeln fortgesetzt. Die Längszüge um die Hinterwurzeln beginnen etwas weiter cranial, der ventrale in der Mitte des Halsbereiches, der dorsale etwa zwei Segmente darunter. Doch während sich der ventrale bis in den Lumbalbereich verfolgen läßt, endet der dorsale bereits im unteren Brustabschnitt. Ihre größte Dicke haben sie in der oberen Hälfte des Brustbereiches. Hier sind sie von zahlreichen, dicken elastischen Fasern durchsetzt, weiter caudal nur noch von dünneren.

Die bis jetzt beschriebenen Längszüge sind alle der epipialen Schicht aufgelagert. Daneben gibt es jedoch auch solche, die dem Rückenmark direkt aufliegen: Im Halsbereich findet man zwei schmale, paramediane Längszüge, die sich in Höhe von C_8 zu einem dünnen, dorsomedianen Längsbündel vereinigen. Im oberen Cervicalbereich sind sie von zahlreichen dicken elastischen Fasern durchsetzt, die im Brustbereich in wenigen dünnen verebben.

Die vorliegenden Befunde wurden an der Epi pia von Foeten und Neugeborenen erhoben. Um sie auf die Verhältnisse beim Erwachsenen übertragen zu können, muß man sich ein wenig mit der Entwicklung der Pia mater spinalis befassen.

Schon beim 8,5 bis 9 mm langen Embryo werden segmental angelegte Zellströme sichtbar, die von den Wurzeln der Neuralspangen zum Piaüberzug des Rückenmarks ziehen (THEILER). Sie stellen die Anlage der Ligg. denticulata dar. Nach den Angaben von MILLEN und WOLLAM findet man beim 69 mm langen Embryo kollagene Fasern nur im Bereich der Zahnbänder. Einige wenige markieren die Linea splendens. Beim 6 Monate alten Foeten sind jedoch schon alle Bestandteile der Epi pia vorhanden. Im Verlauf der weiteren Entwicklung werden die Winkel der Scherengitter, zumindest in ihrer oberflächlichen Schicht, immer spitzer, so daß beim Erwachsenen eine oberflächliche Lage beinahe längsverlaufend erscheint. Vor der Geburt ist die Epi pia noch sehr zart, bald danach setzt eine starke Vermehrung der kollagenen Fasern ein, die bereits in den ersten Lebensjahren weitgehend abgeschlossen ist.

Abb. 1: Schema der Epipia spinalis (rechte Hälfte).

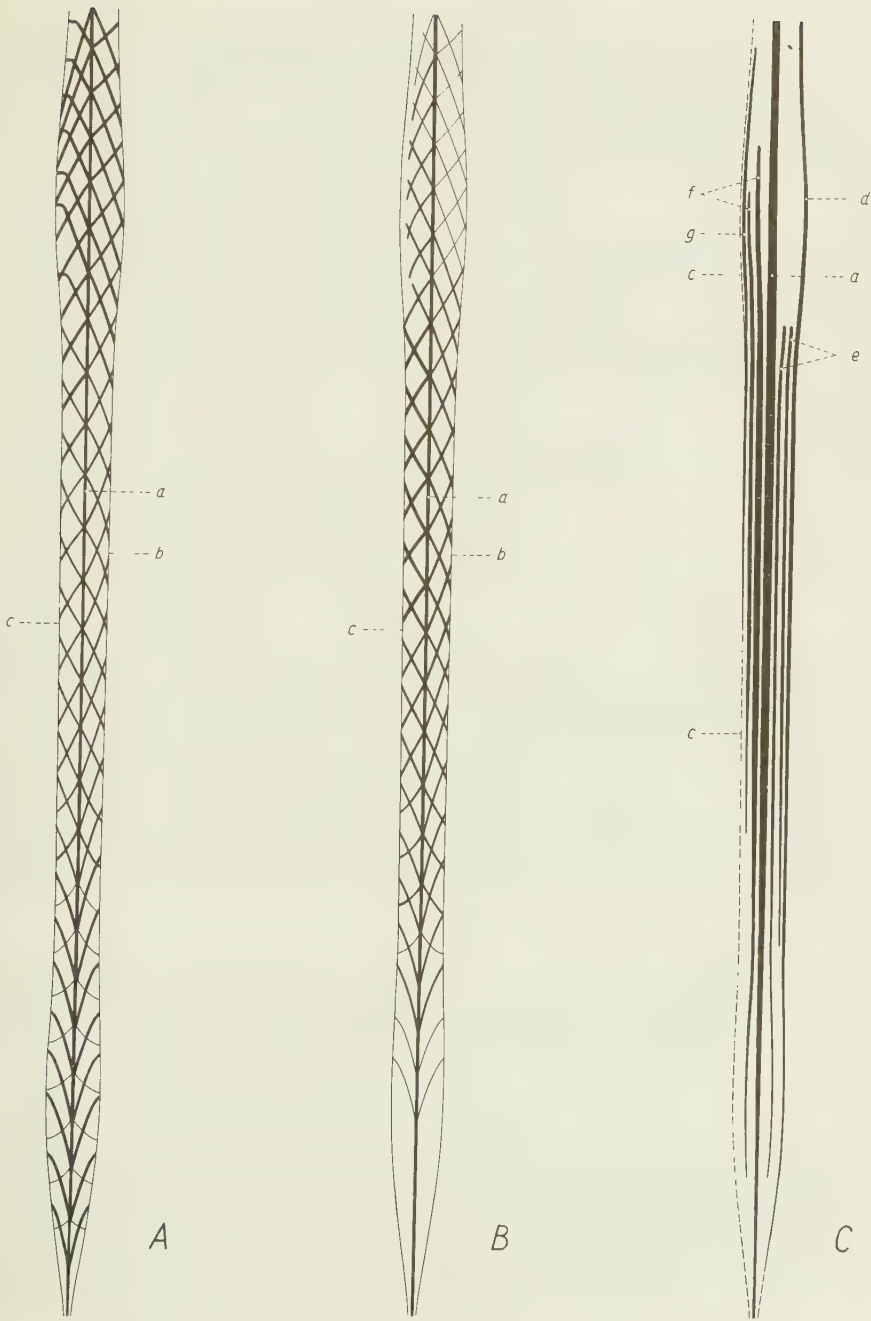
Die Pia mater ist dorsal und ventral in der Mittelebene aufgeschnitten und flächenhaft ausgebreitet.

- A: Schema des Systems der kollagenen Schrägfasern.
Die Strichdicke symbolisiert Anzahl und Kaliber der kollagenen Fasern.
- B: Schema des Systems der elastischen Schrägfasern.
Die Strichdicke symbolisiert Anzahl und Kaliber der elastischen Fasern.
- C: Schema des kollagenen und elastischen Longitudinalsystems. Da das Verhältnis der kollagenen zu elastischen Fasern in den Längszügen fast konstant ist, symbolisiert die Strichdicke sowohl Anzahl und Kaliber der kollagenen, als auch der elastischen Fasern.

Zeichenerklärung:

- a Basis des Zahnbandes
- b ventrale Mittellinie
- c dorsale Mittellinie
- d Linea splendens
- e Längszüge um Vorderwurzeln
- f Längszüge um Hinterwurzeln
- g tiefer, dorsaler paramedianer Längszug

(gez. von Herrn S. Nüssel)



Die elastischen Fasern reichen in der Epipia von Foeten, vom Lig. denticulatum ausgehend, kaum über die Nervenwurzeln nach medial hinaus. Beim Neugeborenen überkreuzen dagegen schon einige die Mittellinie. In der Epipia Erwachsener sind sie, wegen der starken Zunahme der kollagenen Fasern, nicht mehr beurteilbar, obwohl man reichlich elastisches Material in ihr findet.

Zusammenfassend kann man zur Entwicklung der Epipia sagen, daß sich die Schrägfasern, vom Zahnband ausgehend, zur Medianen hin verschieben. Die kollagenen Fasern breiten sich dabei schneller aus, als die elastischen. Der Grund dafür ist wohl in der zunehmenden Bewegung des Achsenskelets und der damit zunehmenden mechanischen Beanspruchung, welcher der Aufhängeapparat des Rückenmarks ausgesetzt ist, zu suchen.

Die Epipia bildet, zusammen mit den Ligg. denticulata, den Aufhängeapparat des Rückenmarks. Da die Epipia die Verankerung der Zahnbänder darstellt, müssen sich in Qualität, Richtung und Anzahl ihrer Fasern die Kräfte ablesen lassen, die im Liquorraum vermittels des Aufhängeapparates auf das Rückenmark einwirken.

Die Schrägfasern der Epipia sind Ausdruck einer longitudinalen und einer frontalen Verspannung des Rückenmarks. Im Cervical- und im Lumbosacralbereich überwiegt dabei die longitudinale. Im oberen Halsabschnitt ist sie, entsprechend dem steileren Verlauf der caudalwärts aus dem Zahnband ausstrahlenden Fasern, nach kranial gerichtet. Im Lendenbereich bilden die caudalwärts ins Zahnband ziehenden Fasern, zusammen mit dem Filum terminale, die caudale Verankerung des Rückenmarks. Diese kranio-caudale Verspannung spiegelt sich auch im Verlauf der Zahnbandzacken wider, die im Cervicalbereich nach kranial, im Lumbalbereich nach caudal gerichtet sind.

Im Bereich der Halslordose läßt sich aus der Faserstruktur der Epipia noch eine frontale Zugkomponente ableiten. In der dorsalen Epipiawand biegen die medio-kranialwärts ziehenden Fasern um die Hinterwurzeln in transversale Richtung um. Mit diesen Fasern wird das Rückenmark von der convexen Hinterwand des Durasackes im Halsbereich abgehoben.

Aus der Struktur der Epipia lassen sich auch Schlüsse auf die mechanische Beanspruchung des Rückenmarks bei Bewegungen der Wirbelsäule ziehen. Da die Drehmittelpunkte für die Sagittalflexion der Wirbelsäule ventral des Wirbelkanals liegen, ändert dieser bei Flexionsbewegungen seine Länge. BREIG gibt für die zentrale Achse des Halskanals Längenveränderungen von 2,3 bis 3,0 cm, für

den Lumbalkanal von 1,9 bis 3,4 cm an. Wäre nun das Rückenmark starr in den Wirbelkanal eingebaut, müßte es bei Flexionsbewegungen sehr stark gedehnt werden. Im Lumbalbereich wird ein Teil der Längenveränderung durch Verschiebung des Durasackes aufgenommen. Der lockere Einbau der Duralscheiden in die Foramina intervertebralia im Lumbosakralbereich (v. LANZ) verleiht ihm eine gewisse Bewegungsfreiheit. Außerdem kann sich wohl auch der *Conus medullaris* selbst bei Ventralflexion nach kranial verlagern. BREIG und v. LÜDINGHAUSEN beobachteten, daß die Nervenwurzeln in diesem Bereich bei Dorsalflexion gewellt sind und sich bei Ventralflexion spannen.

In den obersten Halssegmenten verlängert sich der Wirbelkanal bei Flexionsbewegungen nur geringfügig, da die Drehmittelpunkte für die Flexionsbewegung in der Dorsalhälfte der hier sehr schmalen Wirbelkörper liegen. Im unteren Hals- und im Brustbereich wird die Verlängerung des Wirbelkanals jedoch zum Teil auf das Rückenmark übertragen.

Die *Epipia spinalis*, gleichsam das Außenskelet des relativ verformbaren Rückenmarks, ist gut für eine solche Dehnung eingerichtet. Dehnung verstellt die Winkel ihrer Scherengitter. In dem Bereich, in dem die *Epipia* größeren Dehnungskräften ausgesetzt ist, wird sie durch longitudinale Bänder verstärkt. Da die dorsale Pia weiter von den Flexionsachsen entfernt ist als die ventrale, der Krümmungsradius also größer ist, finden sich die Verstärkungszüge hauptsächlich dorsal des Zahnbandes. Neben den elastischen Fasern der Longitudinalzüge beteiligen sich hier auch die der steil verlaufenden oberflächlichen Schrägschicht an der Bewältigung der Dehnungskräfte. Der Anteil an elastischem Material in der *Epipia* ist in den unteren Halssegmenten und der oberen Brusthälfte am größten. In diesem Bereich ist die größte Dehnung des Rückenmarks bei Ventralflexion anzunehmen.

SMITH untersuchte die Dehnung des Rückenmarks bei Ventralflexion beim Rhesusaffen. Er fand die größte Längenveränderung zwischen den Segmenten C_5 und Th_5 , also fast im gleichen Bereich, wie beim Menschen.

Den elastischen Fasern des Schrägsystems kommen im wesentlichen zwei Bedeutungen zu: Einmal stellen sie die Verankerung des elastischen Materials der Zahnbänder dar. Diese enthalten ja, wie mehrere Autoren übereinstimmend angeben, reichlich elastische Fasern und können so bei Lateralflexion gedehnt werden. Die Verteilung der elastischen Fasern im Schrägsystem der *Epipia* läßt aber noch eine andere Deutung zu: Der Liquor weist bekanntlich pulssynchrone Druckschwankungen auf, die zum Teil durch Volumenänderungen des Rückenmarks

durch verschiedene Blutfülle bedingt sind. Es wäre vorstellbar, daß diese Volumenschwankungen des Plasmahalts dort am größten sind, wo der venöse Abfluß am stärksten vom intrathorakalen Unterdruck beeinflußt wird, nämlich im unteren Hals- und im Brustbereich. Diese Deutung stellt freilich nur eine Hypothese dar und bedarf noch eines röntgenologisch zu erbringenden Beweises.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Pia mater spinalis von zwei menschlichen Foeten, acht Neugeborenen und sieben älteren Kindern und Erwachsenen wurde an Häutchenpräparaten untersucht.

1. Die pia mater spinalis besteht aus zwei Schichten: Die Intima prae ist die Fortsetzung der Pia mater cerebri auf das Rückenmark. Sie zeigt den gleichen Faseraufbau wie diese. Die Epi pia stellt eine rückenmarkseigene Verstärkungsschicht der Pia mater spinalis dar.
2. In der Epi pia lassen sich zwei Fasersysteme unterscheiden: Das Schrägfasersystem wird von kollagenen und elastischen Fasern gebildet, die, von den Ligg. denticulata ausgehend, ein Scherengitter auf dem Rückenmark bilden und es umgreifen. Es bildet, zusammen mit den Zahnbändern, die Aufhängevorrichtung für das Rückenmark. Das Longitudinalsystem verstärkt mit kollagen-elastischen Zügen die Epi pia in dem Bereich, in welchem das Rückenmark bei Flexionsbewegungen Dehnungskräften ausgesetzt ist. Die größte Dehnung muß, der Ausbildung des Longitudinalsystems entsprechend, in den unteren Halssegmenten und der oberen Brusthälfte des Rückenmarks angenommen werden.
3. Die epipiale Lage zeigt bereits beim sechs Monate alten Foeten sämtliche Bestandteile der älterer Entwicklungsstufen. Ihre endgültige quantitative Beschaffenheit erhält die Epi pia im Laufe der ersten Lebensjahre. Die Fasern des Schrägsystems breiten sich im Laufe der Entwicklung, vom Lig. denticulatum ausgehend, zur dorsalen und ventralen Mittellinie hin aus. Beim Neugeborenen überschreiten erst wenige Fasern die Mediane.
4. Die elastischen Fasern in der tiefen Lage der Schrägschicht stellen die Verankerung des elastischen Materials der Zahnbänder dar, die in der oberflächlichen, steil verlaufenden, sind in der Lage, longitudinale Dehnungskräfte aufzunehmen.

SCHRIFTTUM:

- BREIG, A.: Biomechanics of the central nervous system. Stockholm, 1960.
Die Biomechanik des Rückenmarks und seiner Häute im Wirbelkanal. Verh. Anat. Ges. 1964, Erg. -H. Anat. Anz. 115, 49-66 (1965).
- BURDACH, K. F.: Vom Bau und Leben des Gehirns, Leipzig 1822.
- FROMMANN, C.: Untersuchungen über die normale und pathologische Anatomie des Rückenmarks, Jena 1864.
- HENLE, J.: Handbuch der systematischen Anatomie des Menschen, Bd. III, 2, Braunschweig 1871.
- HENLE, J. u. F. MERKEL: Z. ration. Med. 3. Reihe, Bd. XXXIV (1868).
Zitiert nach Key und Retzius.
- KEUFFEL, G. G. Th.: Über das Rückenmark.
Arch. Physiol. 10, 123-203, 1811.
- KEY, A. u. G. RETZIUS: Studien in der Anatomie des Nervensystems und des Bindegewebes I, Stockholm 1875.
- KRBEK, F.: Zur Faserstruktur von Pia mater und Lig. denticulatum des Meerschweinchens. Anat. Anz. 109, 170-173 (1961).
- KÖLLIKER: Mikroskopische Anatomie Bd. II, 1850.
Zitiert nach Key und Retzius.
- LANG, J.: Die Zügelung der Medulla oblongata und des cranialen Rückenmarks. Fortschritte d. Medizin 81, 827-830 (1963).
- LANG, J. u. A. EMMINGER: Über die Textur des Lig. denticulatum und der Pia mater spinalis.
Z. Anat. Entw. Gesch. 123, 505 - 522 (1963).
- LANZ, T. von: Zur Struktur der Dura mater spinalis.
Verh. Anat. Ges. 1928, Erg. -H. Anat. Anz. 66, 78-87 (1928).
- ders. Über die Rückenmarkshäute I, Arch. Entwickl. -Mech. 118, 211 - 307 (1929).
- ders. Über die Rückenmarkshäute II, Verh. Anat. Ges. 1929, Erg. -H. Anat. Anz. 67, 130 - 247 (1929).
- LENHOSSEK, I. von: Neue Untersuchungen über den feineren Bau des centralen Nervensystems des Menschen, Wien 1855.

- LÜDINGHAUSEN, M. von: Der Epiduralraum der menschlichen Wirbelsäule und sein Inhalt.
Inaug. -Dissertation, München 1966.
- MAYET, A.: Einbau des Rückenmarks in den Wirbelkanal.
Verh. Anat. Ges. 1964, Erg. -H. Anat. Anz. 115, 11 - 34 (1965).
- ders. Die postnatalen Veränderungen des menschlichen Stimmbandgerüsts.
Z. Anat. Entw. Gesch. 123, 1 - 8 (1962).
- MILLEN, J.W. u. D.H.M. WOLLAM: On the nature of the Pia mater,
Brain 84, 514 - 520 (1962).
- SMITH, C.G.: Changes in length and positions of the segments of the spinal cord with changes in posture in the monkey, Radiologie 66, 259 - 265 (1956).
- SCHULTZ, A. u. H.-I. KNIBBE: Neue Erkenntnisse über die normale und pathologische Histologie der weichen Hirnhäute.
Frankf. Z. Pathol. 63, 455 - 492 (1952).
- SSOLOWJEW u. ARIEL: Zur Morphologie der weichen Hirnhäute beim Kaninchen.
Z. Zellf. 17, 642 - 661 (1933).
- THEILER, K.: Die Entwicklung der konstruktiven Form der Rückenmarkshäute beim Menschen, Diss. Zürich.
Sonderdruck aus Schweiz. Arch. Neurol. Psychiat. 62 (1948).

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater,
Herrn Professor Dr. A. Mayet, der mir bei der
Ausführung der vorliegenden Arbeit stets seinen Rat
und seine Erfahrung zur Verfügung stellte.

Danken möchte ich auch Fräulein M. Schefthaler
für ihre großzügige technische Hilfe, Herrn S. Nüssel
für die Ausführung der Schemata in der ihm eigenen Ge-
nauigkeit und, nicht zuletzt, Fräulein W. Lenk für
die Übernahme der Schreibarbeiten.

L e b e n s l a u f

Geboren am 15. November 1940 in München, als Sohn von Titus Ritter von L a n z, Universitätsprofessor zu München, und seiner Ehefrau Hertha, geb. Marcus.

1946 - 1950 Volksschule in München-Obermenzing.

1950 - 1959 Humanistisches Gymnasium München-Pasing.

Ab Wintersemester 1959/60 Medizinstudium an der Universität München. Im Sommer 1960 Vorphysikum, im Frühjahr 1962 Physikum.

Klinisches Studium im Sommersemester 1962 an der Universität München, im Wintersemester 1962/63 an der Universität Innsbruck, vom Frühjahr 1963 bis Frühjahr 1965 an der Universität München.

Am 4. August 1965 Abschluß des medizinischen Staatsexamens.

Vom 1. Oktober 1965 bis 28. Februar 1966 als Medizinalassistent und wissenschaftliche Hilfskraft am Anatomischen Institut der Universität München. Im Wintersemester 1965/66 Abteilungsleiter im Präparierkurs II.

Seit 15. März 1966 Medizinalassistent an der II. Medizinischen Klinik der Universität München.

Im Wintersemester 1966/67 Abteilungsleiter im Präparierkurs I.

München, den 30. Dezember 1966

